

Attorney's Docket No. 046190/269883

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re: Rattier
Application No.: 10/689,784
Filed: 10/21/2003
For: ELECTROLUMINESCENT DEVICE WITH LIGHT EXTRACTOR

Confirmation No.: 7572

Commissioner for Patents
P. O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

SUBMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

To complete the requirements of 35 U.S.C. § 119, enclosed is a certified copy of France priority Application No. 0105652, filed 04/26/2001.

Respectfully submitted,

Raymond O. Linker, Jr.
Registration No. 26,419

Customer No. 00826
Alston & Bird LLP
Bank of America Plaza
101 South Tryon Street, Suite 4000
Charlotte, NC 28280-4000
Tel Charlotte Office (704) 444-1000
Fax Charlotte Office (704) 444-1111

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P. O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450, on March 24, 2004.

Janet F. Sherrill





01 05672
Zutmann - Planchard
(C)

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le **03 OCT. 2003**

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 260899

REMISE DES PIÈCES DATE 26 AVRIL 2001 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0105652 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 26 AVR. 2001 PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
Vos références pour ce dossier (facultatif) B4834-LBi		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE ERNEST GUTMANN-YVES PLASSERAUD S.A. 3 rue Chauveau-Lagarde 75008 PARIS	
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date ____/____/____ <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date ____/____/____			
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date ____/____/____			
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) DISPOSITIF ELECTROLUMINESCENT A EXTRACTEUR DE LUMIERE.			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE	
Prénoms			
Forme juridique		Etablissement public national à caractère scientifique et technologique	
N° SIREN		
Code APE-NAF		
Adresse	Rue	3 rue Michel-Ange	
	Code postal et ville	75794	PARIS CEDEX 16
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE 26 AVRIL 2001 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0105652 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		B4834-LBi	
6 MANDATAIRE			
Nom		LAZARD	
Prénom		Florence	
Cabinet ou Société		ERNEST GUTMANN-YVES PLASSERAUD S.A.	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	3 rue Chauveau-Lagarde	
	Code postal et ville	75008	PARIS
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 44 51 18 00	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 42 66 08 90	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		info@egyp.fr	
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :</i>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		1	
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) LAZARD Florence CPI n° 92.4029		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI M. BLANCANEUX	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 1... / 1...

REMISE DES PIÈCES DATE LIEU N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI		Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire		op 829 W / 260899	
Vos références pour ce dossier (facultatif)				B4834-LBi			
<input checked="" type="checkbox"/> DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE				Pays ou organisation		N°	
				Date		N°	
				Pays ou organisation		N°	
<input checked="" type="checkbox"/> DEMANDEUR				ECOLE POLYTECHNIQUE			
Nom ou dénomination sociale				ECOLE POLYTECHNIQUE			
Prénoms				ECOLE POLYTECHNIQUE			
Forme juridique				Etablissement Public à caractère Administratif			
N° SIREN				ECOLE POLYTECHNIQUE			
Code APE-NAF				ECOLE POLYTECHNIQUE			
Adresse		Rue		Route de Saclay			
		Code postal et ville		91128 PALAISEAU Cédex			
Pays				FRANCE			
Nationalité				Française			
N° de téléphone (facultatif)				ECOLE POLYTECHNIQUE			
N° de télécopie (facultatif)				ECOLE POLYTECHNIQUE			
Adresse électronique (facultatif)				ECOLE POLYTECHNIQUE			
<input checked="" type="checkbox"/> DEMANDEUR				ECOLE POLYTECHNIQUE			
Nom ou dénomination sociale				ECOLE POLYTECHNIQUE			
Prénoms				ECOLE POLYTECHNIQUE			
Forme juridique				ECOLE POLYTECHNIQUE			
N° SIREN				ECOLE POLYTECHNIQUE			
Code APE-NAF				ECOLE POLYTECHNIQUE			
Adresse		Rue		ECOLE POLYTECHNIQUE			
		Code postal et ville		ECOLE POLYTECHNIQUE			
Pays				ECOLE POLYTECHNIQUE			
Nationalité				ECOLE POLYTECHNIQUE			
N° de téléphone (facultatif)				ECOLE POLYTECHNIQUE			
N° de télécopie (facultatif)				ECOLE POLYTECHNIQUE			
Adresse électronique (facultatif)				ECOLE POLYTECHNIQUE			
<input checked="" type="checkbox"/> SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) LAZARD Florence CPI n° 92.4029						VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI

La présente invention concerne les dispositifs électroluminescents, tels que les diodes électroluminescentes.

5 Les diodes électroluminescentes (ou DEL) sont des dispositifs émetteurs de lumière qui sont de plus en plus utilisés en raison, notamment, de leur faible coût, de leur faible encombrement, de leur fiabilité, de leur robustesse et de leur rendement élevé. Ces DELs sont notamment utilisées dans les domaines de l'affichage, de l'éclairage et de la signalisation
10 lorsqu'elles émettent dans le spectre visible, ou dans le domaine de la commande à distance lorsqu'elles émettent dans l'infrarouge. Elles sont généralement réalisées à partir d'un matériau semi-conducteur, notamment de la famille des III-V, déposé sur un substrat, solidarisé à une embase, et relié à deux électrodes, l'ensemble étant logé dans un dôme en résine
15 époxy.

Afin d'améliorer le rendement de ces DELs, il a été récemment proposé (voir notamment le document US 5,405,710) de les réaliser sous la forme d'un empilement dans lequel des moyens de génération d'électrons et de trous et des moyens de conversion de paires électron-trou en photons
20 sont placés entre un miroir inférieur (réfléchissant), placé sur un substrat, et un miroir supérieur (semi-réfléchissant) parallèle au miroir inférieur et communiquant avec l'extérieur. Cependant, seuls parviennent à atteindre l'extérieur du dispositif les photons qui sont émis dans une direction sensiblement normale au plan du miroir supérieur et vers celui-ci, et les
25 photons qui sont émis dans une direction sensiblement normale au plan du miroir inférieur et vers celui-ci, puis réfléchis vers le miroir supérieur. En conséquence, une partie non négligeable des photons produits ne parvient pas à l'extérieur du dispositif.

L'invention a pour but d'améliorer le rendement d'extraction des
30 photons de ce type de dispositif électroluminescent.

Elle propose à cet effet un dispositif du type de celui présenté ci-

avant, et dans lequel les moyens de conversion et les miroirs supérieur et inférieur (ou premier et second) sont agencés de manière à assurer le confinement entre les miroirs des photons qui présentent au moins une longueur d'onde choisie associée à un mode de propagation guidé, et qui
5 comprend en outre des moyens d'extraction de lumière qui communiquent avec une partie au moins des moyens de conversion et des moyens de génération, qui sont compris entre les miroirs.

On entend ici par « longueur d'onde choisie », la longueur d'onde pic ou principale du spectre d'émission du dispositif électroluminescent.

10 Ainsi, une grande partie des photons qui sont confinés entre les miroirs, et qui parviennent au niveau des moyens d'extraction peuvent être dirigés vers l'extérieur du dispositif.

Selon une autre caractéristique de l'invention, les moyens d'extraction sont réalisés dans une partie au moins des premier et/ou second
15 miroirs et/ou des moyens de génération et/ou des moyens de conversion, sous la forme d'une structuration tridimensionnelle diffractante dont les dimensions sont choisies en fonction d'au moins la longueur d'onde des photons dans le mode guidé, conformément aux lois de l'optique ondulatoire.

Cette structuration définit préférentiellement, sensiblement, un cristal
20 ou quasi-cristal photonique formé de trous ou de colonnes qui constituent des éléments diffractants dont les dimensions sont typiquement de l'ordre de la longueur d'onde des photons dans le mode guidé.

Préférentiellement le quasi-cristal est un pavage de polygones convexes sensiblement jointifs et partageant chacune de leurs arêtes avec
25 un unique voisin, la taille des arêtes étant par ailleurs sensiblement égale à une valeur moyenne choisie, à environ +/-15%.

Ce pavage peut se présenter sous de nombreuses formes, et notamment :

- présenter des proportions comparables de carrés et de triangles
30 équilatéraux, ou de premiers et seconds losanges d'angles aux sommets différents, et dont les arêtes sont sensiblement de la même taille ;

- être construit par périodisation ou inflation de Stampfli d'un motif comportant un nombre choisi de triangles équilatéraux et de carrés, ou de premiers et seconds losanges d'angles aux sommets différents ;
- être construit par une distribution sensiblement aléatoire de proportions choisies de triangles équilatéraux et de carrés, ou de premiers et seconds losanges d'angles aux sommets différents.

Par ailleurs, quelle que soit la forme du pavage il peut être légèrement tordu de manière à entourer au moins en partie les moyens de génération et les moyens de conversion. Ce pavage peut également être courbé de manière à s'étendre sur au moins une partie d'une zone annulaire.

En outre, le pavage du quasi-cristal peut comporter une ou plusieurs lacunes de manière à former une structure de type amorphe, ce qui se traduit par l'absence d'un ou plusieurs éléments diffractants dans la structuration.

Selon encore une autre caractéristique de l'invention, le premier miroir est semi-réfléchissant et constitué par une interface entre une couche des moyens de génération et une couche d'un autre matériau, comme par exemple l'air ou l'époxy extérieur ou un matériau formant un substrat, tel que le verre, le GaP, le saphir, le carbure de silicium ou le rutile. Par ailleurs, le second miroir est préférentiellement constitué par un empilement de paires de couches de semiconducteur(s) ou d'oxyde(s), crûs, déposés ou formés in situ, formant un miroir distribué de Bragg. A cet effet, on peut notamment utiliser des matériaux semiconducteurs tels que le silicium, les composés à base de gallium, d'arsenic, d'aluminium, d'indium, d'azote, de phosphore et d'antimoine, ainsi que leurs alliages (par exemple GaAs, AlAs, GaAlAs, InGaAs et AlGaInP). Pour ce qui concerne les oxydes, on peut utiliser notamment SiO_2 , TiO_2 , HfO_2 , Ta_2O_5 et Al_2O_3 . Par exemple, pour obtenir un miroir distribué très réfléchissant on peut former un empilement de couches alternées de GaAs et d'oxyde d'aluminium, de stoechiométrie proche de Al_2O_3 , obtenu par oxydation latérale de couche d'AlGaAs comme décrit dans

le document de J.M. Dallesasse, N. Holonyak Jr, A.R. Stugg, T.A. Richard et N. Elzein, Appll. Phys. Lett. Vol. 57 pp. 2844-2846, 1990. Dans une variante, le miroir très réfléchissant peut être réalisé par dépôt de métal, comme par exemple de l'or.

5 Une réalisation préférée consiste à associer un miroir très réfléchissant de type distribué (par exemple GaAs/AlOx) et un miroir semi-réfléchissant formé par une interface GaAs/air extérieur.

Dans une autre variante, les deux miroirs peuvent être de type distribué.

10 Les distances séparant les miroirs et les caractéristiques des matériaux qui les composent sont choisies de manière à définir préférentiellement une micro-cavité résonante, notamment de type Fabry-Pérot, ou une cavité anti-résonante aux longueurs d'onde des photons émis par les moyens de conversion.

15 Dans un mode de réalisation avantageux, les moyens de conversion et une partie au moins des moyens de génération sont constitués de matériaux choisis dans un groupe comprenant les matériaux organiques électroluminescents, tels que les polymères organiques, conjugués ou non, et les complexes organométalliques, tels que AlQ₃, et les semiconducteurs, 20 tels que notamment le silicium, le gallium, l'aluminium, l'indium, l'azote, le phosphore, l'arsenic et l'antimoine, ainsi que leurs alliages.

Le dispositif selon l'invention, présenté ci-avant, trouve une application particulièrement intéressante lorsqu'il fait partie d'une diode électroluminescente.

25 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée ci-après, et des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe très schématique d'une diode électroluminescente,
- 30 - la figure 2 est une vue en coupe très schématique d'un dispositif selon l'invention assurant l'émission de lumière dans une diode

électroluminescente, et

- les figures 3A à 3G sont des vues schématiques illustrant des pavages de quasi-cristaux photoniques pouvant être utilisés dans un dispositif selon l'invention pour assurer l'extraction de photons.

5 Les dessins annexés sont, pour l'essentiel, de caractère certain. En conséquence, ils pourront non seulement servir à compléter l'invention, mais aussi contribuer à sa définition, le cas échéant.

Dans la description qui suit, il sera fait référence à un dispositif électroluminescent faisant partie d'une diode électroluminescente (ou DEL),
10 du type de celle illustrée sur la figure 1.

Plus précisément, la diode de la figure 1 est une diode de l'art antérieur comprenant un dispositif électroluminescent 1 placé dans un réflecteur 2, en forme de cuvette, et raccordé à deux broches 3-1 et 3-2 d'alimentation en courant, l'une 3-2 étant placée à un potentiel positif et
15 l'autre 3-1 à un potentiel négatif, ou l'inverse, comme cela est bien connu de l'homme de l'art.

Comme indiqué dans l'introduction, le rendement d'extraction des photons, qui sont produits dans les dispositifs électroluminescents réalisés à l'aide de matériaux semi-conducteurs, est assez faible. Environ 5% des
20 photons émis dans le matériau semi-conducteur peuvent être récupérés à l'extérieur, par la surface supérieure. Récemment (voir notamment le document US 5,405,710), la société LUCENT a proposé un perfectionnement aux dispositifs électroluminescents traditionnels. Il consiste à placer les moyens de conversion des paires électron/trou en photons entre
25 deux miroirs qui définissent une micro-cavité résonante, de type Fabry-Pérot. Les photons qui sont émis vers le miroir supérieur, qui communique avec l'air extérieur, suivant une direction sensiblement perpendiculaire à ce miroir supérieur, jusqu'à un angle dit « angle critique » (bien connu de l'homme de l'art), parviennent à gagner l'extérieur du dispositif, et contribuent de ce fait à
30 l'éclairement. De même, les photons qui sont émis vers le miroir inférieur suivant une direction sensiblement parallèle à la normale de ce miroir

inférieur, à quelques degrés près, peuvent être réfléchis en direction du miroir supérieur et parvenir à l'extérieur pour contribuer à l'éclairement, comme cela est notamment décrit dans le document de H. Benisty, H. De Neve et C. Weisbuch, IEEE Journal of Quantum Electronics, vol. 34, pp. 1612-1631, 1998. L'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne a également proposé une amélioration de ce type de cavité, basée sur un empilement optique particulier des moyens de conversion et des moyens de génération de porteurs, qui peut également servir de structure de départ à la présente invention. Avec une telle diode, il est possible d'atteindre des rendements de l'ordre de 30%.

En d'autres termes, environ 70% des photons qui sont produits par les moyens de conversion du dispositif électroluminescent sont perdus à l'intérieur de la structure. Parmi ces 70%, environ 20% partent vers le substrat sur lequel se trouve placé le miroir inférieur, et y sont absorbés, tandis que les 50% restants sont confinés entre les deux miroirs, c'est-à-dire juste sous la surface supérieure dans le cas où le miroir semi-réfléchissant est constitué d'une simple interface constituée d'une couche des moyens de génération de porteur et d'un matériau extérieur au dispositif, sous la forme d'un mode guidé qui se propage et arrive, pour une bonne partie, au bord de la structure où il est diffracté vers le substrat et donc absorbé.

L'invention a donc pour but d'améliorer la situation en offrant un dispositif électroluminescent muni de moyens d'extraction de photons qui va être décrit ci-après en référence aux figures 2 et 3.

Dans l'exemple illustré sur la figure 2, le dispositif selon l'invention comporte, tout d'abord, un substrat 4 auquel est solidarisé un miroir inférieur 5, réfléchissant. La face supérieure de ce miroir inférieur 5 est solidarisée à une couche 6, destinée à générer des porteurs, tels que des électrons.

La face supérieure de cette couche 6 est solidarisée à des moyens de conversion de paires électron/trou en photons 7. La face supérieure de ces moyens de conversion 7 est solidarisée à une seconde couche 8 destinée à générer des porteurs d'un autre type que ceux de la couche 6,

par exemple des trous.

Les couches de génération de porteurs 6 et 8 sont solidarisées à des contacts métalliques 9 et 10, respectivement raccordés aux bornes négative 3-2 et positive 3-1 de la diode. Une alternative consiste à solidariser
5 le contact 9 au miroir 5 ou au substrat 4 (éventuellement par la face inférieure du substrat 4), lorsque le substrat 4 et le miroir 5 ont eux aussi la propriété de générer des porteurs. Comme cela est bien connu de l'homme de l'art, lorsque les contacts 9 et 10 présentent des polarisations opposées, choisies, les couches de génération de porteurs 6 et 8 produisent
10 respectivement des électrons et des trous qui viennent se recombinaison dans les moyens de conversion 7 en produisant des photons.

Préférentiellement, les moyens de conversion 7 sont réalisés sous la forme d'une structure à puits quantique(s) dont les caractéristiques sont choisies en fonction de la longueur d'onde que doivent présenter les photons
15 émis par la diode.

Afin de permettre l'oxydation latérale des couches de GaAlAs du miroir de Bragg, l'empilement définissant le dispositif est entouré partiellement ou complètement par une ou plusieurs tranchées profondes 11 qui s'étendent de la couche 8 jusque dans le substrat 4.

20 Dans l'exemple illustré sur la figure 2, le contact 10 (positif) repose sur la surface supérieure de la couche de génération de trous 8, tandis que le contact 9 (négatif) repose sur la surface supérieure de la couche de génération d'électrons 6. Pour réaliser ce contact 9, on met à nu une partie de la couche de génération de trous 6 en définissant un mesa supérieur 12
25 dans les moyens de conversion 7 et la couche de génération de trous 8, par l'une des techniques de gravure (et/ou d'attaque sélective) connues de l'homme du métier. Préférentiellement, ces contacts sont réalisés sous la forme d'électrodes métalliques. Par ailleurs, le contact 9 entoure de préférence l'intégralité du mesa 12.

30 Comme illustré sur la figure 2, seulement à titre d'exemple, le mesa 12 peut présenter une forme circulaire. Dans ce cas, le contact 9 est

préférentiellement réalisé sous la forme d'un anneau entourant le mesa 12.

Bien entendu, le mesa pourrait présenter de nombreuses autres formes, comme par exemple une forme triangulaire, carrée ou rectangulaire.

On va maintenant décrire un exemple de combinaison de matériaux
5 permettant de réaliser un dispositif électroluminescent selon l'invention.

Le dispositif comprend tout d'abord un substrat d'arséniure de gallium (GaAs) sur lequel est crû, par exemple par épitaxie par jets moléculaires, le miroir inférieur 5. Dans cet exemple, le miroir est réalisé
10 d'abord sous la forme d'un empilement de couches semi-conductrices alternées de GaAs et AlGaAs. L'oxydation latérale qui est effectuée à partir des tranchées 11 transforme ensuite le GaAlAs en AlOx, définissant ainsi un miroir distribué de Bragg, très réfléchissant.

La couche de génération d'électrons 6 est préférentiellement réalisée dans un matériau semi-conducteur de type GaAs dopé n. Les
15 moyens de conversion de paires électron/trou 7 (ou zone active) sont, par exemple, réalisés sous la forme d'un puits quantique d'InGaAs encadré par deux barrières d'AlGaAs. Enfin, la couche de génération de trous 8 est par exemple réalisée dans un matériau semi-conducteur tel que le GaAs dopé p.

Dans cet exemple, le miroir supérieur 14 est constitué par l'interface
20 supérieure entre la couche de génération de trous 8, en GaAs dopé p, et l'air extérieur.

Le miroir inférieur 5 et le miroir supérieur 14 définissent, dans cet exemple non limitatif, une micro-cavité résonante, de type Fabry-Pérot, dans laquelle les photons produits dans le(s) puits quantique(s) selon des
25 directions sensiblement perpendiculaires aux plans des miroirs supérieur et inférieur, sont transmis à l'extérieur, les autres demeurant confinés entre les miroirs, et notamment dans la couche constituant le(s) puits quantique(s) des moyens de conversion 7, sous forme d'un mode guidé.

Dans une variante, le miroir supérieur et le miroir inférieur pourraient
30 définir une cavité anti-résonante, dans laquelle les photons produits dans les moyens de conversion 7 sont contraints à demeurer entre les miroirs

(quasiment aucune lumière n'étant émise dans une direction sensiblement perpendiculaire aux plans des miroirs).

L'invention a pour but de récupérer tout ou partie des photons qui se trouvent confinés entre les miroirs dans les moyens de conversion 7 et les
5 moyens de génération de porteurs 6 et 8, sous forme d'un mode guidé défini par les caractéristiques des moyens de conversion et des miroirs. Pour ce faire, elle propose des moyens d'extraction 13 qui vont être décrits maintenant.

Les moyens d'extraction de lumière 13 de l'invention communiquent
10 avec les moyens de conversion 7 et les moyens de génération de porteurs 8 ainsi que de préférence 6. Comme illustré sur la figure 2, les moyens d'extraction 13 sont préférentiellement réalisés sous la forme d'une structuration tridimensionnelle diffractante d'une partie au moins des moyens de génération de porteurs (couches 6 et 8) et des moyens de conversion 7. Il
15 est commode pour la fabrication que la structuration tridimensionnelle 13 débouche au niveau de la face supérieure de la couche de génération 8. Par ailleurs, il est préférable que la partie de la structuration qui est formée dans la couche de génération 8 soit totalement, ou au moins en grande partie séparée du reste de la couche de génération 8 qui est solidarisée au contact
20 10, notamment pour ne pas nuire à la conversion des paires de porteurs en photons. A cet effet, on peut réaliser dans l'intégralité de l'épaisseur de la couche de génération 8 (ou dans une fraction seulement de cette épaisseur) une tranchée 15, juste avant la zone de structuration 13.

Cette structuration 13 définit des éléments diffractants. Par
25 conséquent, les dimensions de la structuration sont choisies de manière à vérifier les lois de l'optique ondulatoire. En d'autres termes, les dimensions caractéristiques de la structuration tridimensionnelle 13 sont typiquement de l'ordre de la longueur d'onde des photons « guidés ».

D'une façon particulièrement avantageuse, la structuration définit,
30 sensiblement, un cristal ou quasi-cristal photonique de trous ou de colonnes de matériaux. Ces trous ou colonnes constituent les éléments diffractants qui

vont permettre l'extraction, par diffraction, des photons guidés. Ils sont généralement fabriqués par un procédé de lithographie planaire, issu de la microélectronique et bien connu de l'homme de l'art. Le dispositif est d'abord recouvert d'une résine sensible qui est soumise localement (avec une résine positive, à l'endroit des trous que l'on veut graver) à un faisceau d'électrons ou de photons ultra-violet. La résine ainsi dégradée est retirée et les surfaces mises à nu subissent ensuite une attaque, chimique humide ou sèche par plasma, destinée à creuser les trous. Il existe une variété de techniques pour obtenir le résultat final, certaines faisant appel à des couches intermédiaires de type silice pour augmenter la profondeur de gravure, ou à l'utilisation de réseaux holographiques pour obtenir la modulation locale du faisceau de photons ultra-violet. Ces techniques sont également utilisables pour la réalisation d'autres parties du dispositif, comme les tranchées profondes 11 ou l'électrode 10. Une autre façon de fabriquer les structures diffractantes, particulièrement adaptée aux matériaux organiques, fait appel à l'embossage, à l'estampage ou au poinçonnage.

Les cristaux et quasi-cristaux photoniques étant des objets bien connus de l'homme du métier, leur mode de fonctionnement ne sera pas décrit ici en détail.

Le cristal ou quasi-cristal photonique est défini par un pavage qui peut prendre de très nombreuses formes. Il pourra s'agir d'un pavage définissant un réseau traditionnel présentant un niveau de symétrie inférieur ou égal à 6. Le motif du réseau pourra être par exemple un triangle équilatéral, un carré, ou un hexagone. Plus généralement, le pavage peut être constitué de tous types de polygones convexes sensiblement jointifs et partageant chacune de leurs arêtes avec un seul et unique voisin, dès lors que ces arêtes présentent sensiblement la même taille à environ $\pm 15\%$.

Cependant, afin d'augmenter encore le rendement d'extraction, il est préférable d'utiliser des pavages plus complexes, c'est-à-dire présentant des niveaux de symétrie supérieurs à 6. En effet, comme le sait l'homme de l'art, la diffraction est régie par la loi des réseaux. Selon cette loi, un photon

présentant un vecteur d'onde incident $\vec{K}i$ sera diffracté par un réseau, défini par le vecteur \vec{G} de son espace réciproque, si son vecteur d'onde final $\vec{K}f$ suit la relation $\vec{K}f = \vec{K}i + \vec{G}$.

Par ailleurs, selon les lois de Snell-Descartes, le vecteur d'onde final des photons $\vec{K}f$ est décomposable en une composante perpendiculaire $\vec{K}f_{\perp}$ plus une composante parallèle $\vec{K}f_{\parallel}$. Pour que le photon incident puisse sortir suivant une direction sensiblement perpendiculaire, il faut par conséquent que la composante parallèle de son vecteur d'onde final $\vec{K}f_{\parallel}$ soit très petite ou en d'autres termes que l'on ait la relation $\vec{K}i + \vec{G} \approx \vec{O}$. Dans ce cas, les photons vont pouvoir sortir, par diffraction, sensiblement perpendiculairement au plan dans lequel ils sont guidés.

Afin de pouvoir collecter le plus grand nombre possible de photons, il faut donc que le réseau réciproque soit défini par le plus grand nombre possible de vecteurs \vec{G} différents, mais de normes toutes sensiblement égales à celle de $\vec{K}i$, sans que ce nombre tende vers l'infini, ce qui correspondrait à un cas apériodique.

De tels "réseaux" présentent des niveaux de symétrie qui sont supérieurs à l'ordre 6. Dans une classe de réalisation proposée ci-dessous, ces réseaux possèdent une super-période qui est typiquement de l'ordre du micromètre, par exemple 2 μm . Pour satisfaire les fonctions d'extraction, ils n'ont besoin de s'étendre que sur un faible nombre de super-périodes, par exemple trois ou quatre super-périodes, en largeur.

Un certain nombre de pavages correspondent à ces caractéristiques. On peut citer, par exemple, les pavages d'Archimède formés à partir de triangles équilatéraux et de carrés dont les arêtes présentent toutes la même taille (comme illustré sur les figures 3A à 3C). On peut citer également les pavages de Penrose constitués à partir de deux types (premier et second) de losanges dont les angles au sommet diffèrent mais qui présentent des arêtes de même taille comme illustré sur la figure 3D.

De tels pavages peuvent être constitués de proportions sensiblement égales (ou comparables) de carrés et de triangles équilatéraux (voir figure 3A : réseau dit « carré » à quatre atomes par cellule unité), ou de premiers et seconds losanges. Mais ils peuvent également être construits
5 par périodisation d'un motif comportant un nombre choisi de triangles équilatéraux et de carrés (comme illustré sur les figures 3C et 3D : réseaux dits « triangulaire réel » à sept et treize atomes par cellule unité, respectivement ; ils sont notamment décrits dans le document de S. David, A. Chelnokov et J.-M. Lourtioz, « Wide photonic bandgaps obtained from
10 two-dimensional photonic crystals with Archimedean-like tiling », Optics letters, Vol. 25, Issue 14, pp. 1001-1003, Juillet 2000), ou de premiers et seconds losanges. Ils peuvent être encore construits par inflation de Stampfli d'un motif comportant un nombre choisi de triangles équilatéraux et de carrés (comme illustré sur la figure 3E et décrit notamment dans le document
15 de M. Oxborrow et C. L. Henley, « Random square-triangle tilings : A model for twelvefold-symmetric quasicrystals », Phys. Rev. B, vol 48, Issue 10, pp. 6966-6998, 1993), ou de premiers et seconds losanges. Ils peuvent être également construits par une distribution sensiblement aléatoire de proportions choisies de triangles équilatéraux et de carrés (comme illustré
20 sur la figure 3F), ou de premiers et seconds losanges.

Dans les structures de ce type, l'arrangement des premiers et seconds voisins d'un trou ou d'une colonne est très variable, mais les distances "interatomiques" entre eux restent sensiblement égales.

Bien entendu, les trous ou les colonnes peuvent être générés sur les
25 arêtes du pavage ou sur ses nœuds, au choix.

Par ailleurs, il est préférable que la taille des arêtes du pavage soit sensiblement égale à une valeur moyenne choisie. Mais, cette taille pourra varier autour de cette valeur moyenne choisie dans un intervalle compris entre environ +15% et -15%. Ainsi, il est possible de partir d'un pavage qui
30 s'étend sur une bande sensiblement rectangulaire (par exemple), et de tordre ce pavage, en particulier de le courber, de manière à ce qu'il s'étende

sur une partie au moins d'une zone annulaire, ou sur la totalité d'une zone annulaire, comme illustré sur la figure 2.

Par ailleurs, le cristal photonique ou le quasi-cristal photonique pourra être réalisé sous la forme d'un pavage du type de ceux présentés ci-avant, mais dans lequel l'un au moins des éléments diffractants (trou ou colonne) est omis, de manière à former une structure de type amorphe (comme illustré sur la figure 3G).

En outre, dans le cas où la gravure perce la couche de génération de porteurs 6 et que le miroir 5 est isolant, le matériau conducteur formant le cristal ou quasi-cristal photonique doit être connexe pour le courant électrique, de sorte que celui-ci puisse circuler entre les trous ou sous les colonnes.

Comme cela est illustré sur la figure 2, le cristal ou quasi-cristal photonique destiné à l'extraction des photons guidés, est préférentiellement réalisé à la périphérie de la zone dans laquelle sont produits les photons, par conversion de paires électron-trou.

A titre d'exemple illustratif, pour extraire des photons de longueur d'onde λ d'environ $1\ \mu\text{m}$, guidés dans un matériau d'indice optique n sensiblement égal à 3, la distance interatomique du pavage (λ/n) doit être comprise entre environ 300 nanomètres et 400 nanomètres. Par exemple, on peut réaliser des trous d'environ 150 nanomètres de diamètre et espacés les uns des autres d'environ 350 nanomètres. Par ailleurs, la profondeur des trous (ou la hauteur des colonnes) pourra varier selon l'épaisseur des couches utilisées pour former les moyens de conversion et les moyens de génération de porteurs. Typiquement, l'épaisseur ou la hauteur de ces éléments diffractants est de l'ordre de quelques centaines de nanomètres, par exemple 200 ou 300 nanomètres.

L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation de dispositif décrits ci-avant, seulement à titre d'exemple, mais elle englobe toutes les variantes que pourra envisager l'homme de l'art dans le cadre des revendications ci-après.

En effet, la configuration du dispositif pourra être sensiblement inversée, la lumière sortant à travers la couche support (par exemple en cas de report). Dans ce cas, les moyens d'extraction peuvent néanmoins être gravés depuis la couche supérieure, le cas échéant au travers du miroir supérieur. Par exemple, on pourra utiliser un substrat non absorbant à la longueur d'onde choisie, sur lequel repose un miroir inférieur semi-réfléchissant, tandis que le miroir supérieur est très réfléchissant. On pourra également reporter le dispositif sur un substrat transparent. Par ailleurs, les miroirs pourront être réalisés dans des matériaux métalliques, plutôt que semiconducteurs. En outre, d'autres types de matériaux semiconducteurs que ceux présentés ci-avant pourront être utilisés afin d'obtenir des longueurs d'onde différentes. Par exemple, pour obtenir une lumière rouge on pourra utiliser des alliages d'AlGaAs, ou d'AlGaInP, ainsi que des miroirs distribués d'AlOx, placés sur un substrat de GaAs. Dans ce cas les arêtes du pavage peuvent avoir des longueurs de l'ordre de 200 à 300 nm. Mais on pourra également utiliser d'autres types de matériaux que les semiconducteurs, comme par exemple les matériaux organiques tels que les polymères organiques, conjugués ou non, et les complexes organométalliques.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif électroluminescent (1) du type comprenant des premier (14) et second (5) miroirs sensiblement parallèles et encadrant des
5 moyens (7) de conversion de paires électron-trou en photons, et des moyens de génération d'électrons et de trous (6,8), caractérisé en ce que lesdits moyens de conversion (7) et les premier (14) et second (5) miroirs sont agencés de manière à assurer le confinement entre lesdits premier (14) et second (5) miroirs des photons présentant au moins une longueur d'onde
10 choisie, associée à un mode de propagation guidé, et des moyens d'extraction de lumière (13) communiquant avec une partie au moins des moyens de conversion et des moyens de génération, compris entre les premier et second miroirs, et agencés pour extraire de ceux-ci une partie au moins des photons dans le mode guidé.

15 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits moyens d'extraction (13) sont réalisés dans une partie au moins des premier (14) et/ou second (5) miroirs et/ou des moyens de génération (6,8) et/ou des moyens de conversion (7), sous la forme d'une structuration tri-dimensionnelle diffractante présentant des dimensions choisies en fonction
20 d'au moins la longueur d'onde des photons dans le mode guidé.

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que ladite structuration définit sensiblement un quasi-cristal photonique de trous ou de colonnes constituant des éléments diffractants, présentant des dimensions de l'ordre de la longueur d'onde des photons dans le mode guidé.

25 4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit quasi-cristal est un pavage de polygones convexes sensiblement jointifs et partageant chacune de leurs arêtes avec un unique voisin, ladite taille des arêtes étant sensiblement égale à une valeur moyenne choisie, à un pourcentage près compris entre environ +15% et -15%.

30 5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit pavage est constitué de proportions sensiblement égales de carrés et de

triangles équilatéraux, ou de premiers et seconds losanges d'angles aux sommets différents, d'arêtes de tailles sensiblement égales.

6. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit pavage est construit par périodisation d'un motif comportant un nombre
5 choisi de triangles équilatéraux et de carrés, ou de premiers et seconds losanges d'angles aux sommets différents.

7. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit pavage est construit par inflation de Stampfli d'un motif comportant un
10 nombre choisi de triangles équilatéraux et de carrés, ou de premiers et seconds losanges d'angles aux sommets différents.

8. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit pavage est construit par une distribution sensiblement aléatoire de proportions choisies de triangles équilatéraux et de carrés, ou de premiers et seconds losanges d'angles aux sommets différents.

15 9. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 8, caractérisé en ce que ledit pavage est tordu de manière à entourer au moins en partie lesdits moyens de génération (6,8) et lesdits moyens de conversion (7).

10 10. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 9, caractérisé en ce que ledit pavage est courbé de manière à s'étendre sur au moins une partie d'une zone annulaire.

11. Dispositif selon l'une des revendications 4 à 10, caractérisé en ce que ledit quasi-cristal est un pavage dans lequel l'un au moins des éléments diffractants est omis de manière à former une structure de type amorphe.

25 12. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que le premier miroir (14) est de type semi-réfléchissant et constitué par une interface entre une couche des moyens de génération (8) et une couche d'un autre matériau.

30 13. Dispositif selon la revendication 12, caractérisé en ce que ledit autre matériau est choisi dans un groupe comprenant l'air, l'époxy et un matériau formant substrat.

14. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce que le second miroir (5) est un miroir réfléchissant, de type miroir de Bragg, placé sur un substrat.

5 15. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que les moyens de conversion (7) et une partie au moins des moyens de génération (6,8) sont constitués de matériaux choisis dans un groupe comprenant les semiconducteurs et les matériaux organiques électroluminescents.

10 16. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que lesdits matériaux organiques sont choisis dans un groupe comprenant les polymères organiques, conjugués ou non, et les complexes organométalliques.

15 17. Dispositif selon la revendication 15, caractérisé en ce que lesdits semiconducteurs sont choisis dans un groupe comprenant le silicium, les composés à base de gallium, d'aluminium, d'indium, d'azote, de phosphore, d'arsenic et d'antimoine, ainsi que leurs alliages.

20 18. Dispositif selon l'une des revendications 15 et 17, caractérisé en ce qu'il est constitué i) d'un empilement ordonné d'un substrat de GaAs (4), d'une alternance de couches de GaAs et d'AlAs formant ledit second miroir (5), d'une couche de GaAs dopée n (6), formant une partie des moyens de génération, d'une couche active (7) constituée de deux barrières d'AlGaAs encadrant un puits quantique en InGaAs et formant lesdits moyens de conversion, d'une couche de GaAs dopée n (8) formant une autre partie des moyens de génération ainsi que ledit premier miroir (14) avec une
25 couche d'air extérieur, et ii) d'un premier moyen de contact électrique (10) propre à placer la couche de GaAs dopée p (8) sous une polarisation positive et d'un second moyen de contact électrique (9) propre à placer la couche de GaAs dopée n (6) sous une polarisation négative.

30 19. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisé en ce que les premier (14) et second (5) miroirs définissent une cavité résonante asymétrique, en particulier de type Fabry-Pérot.

20. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 18, caractérisé en ce que les premier (14) et second (5) miroirs définissent une cavité anti-résonante aux longueurs d'onde des photons émis par les moyens de conversion (7).

5 21. Diode électroluminescente, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif (1) selon l'une des revendications précédentes.

1/2

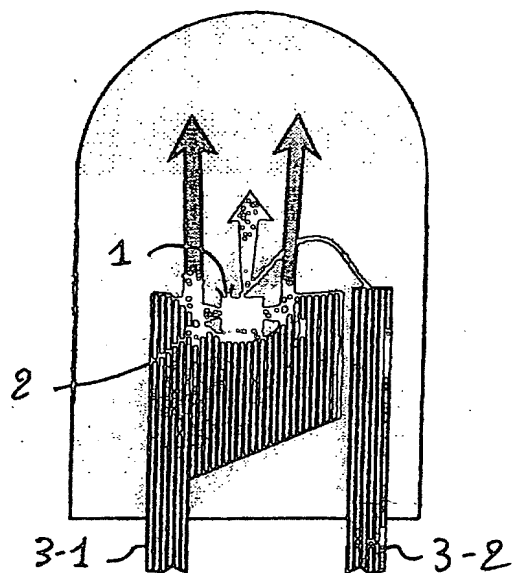


FIG. 1

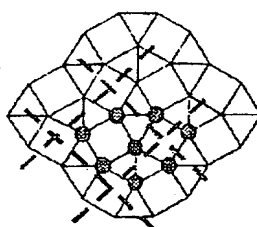


FIG. 3A

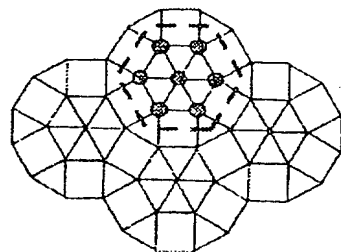


FIG. 3B

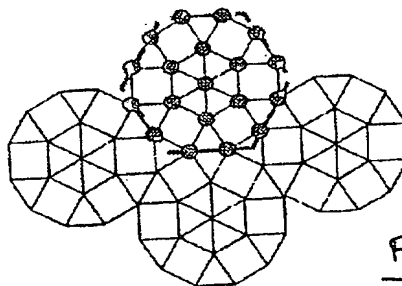


FIG. 3C

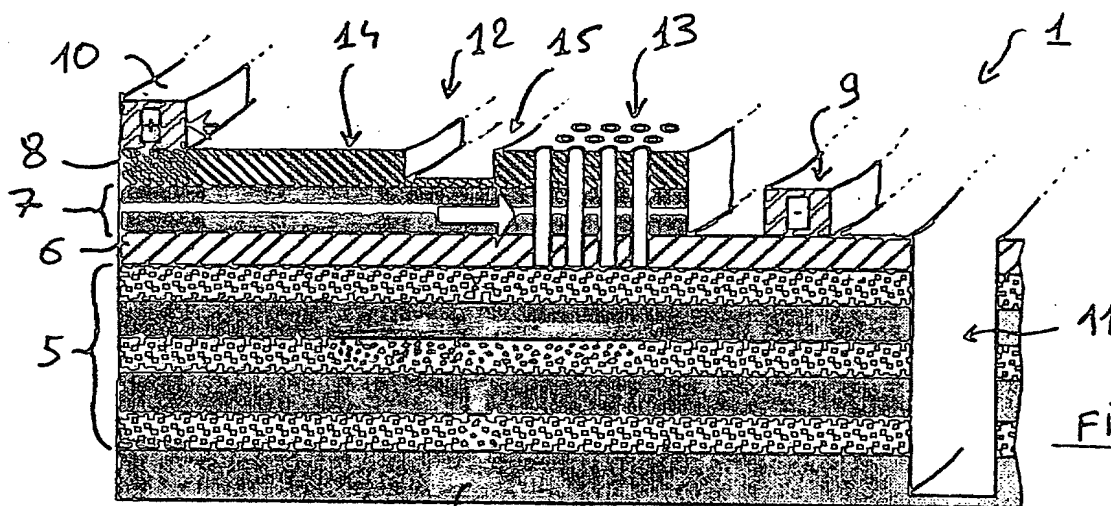


FIG. 2

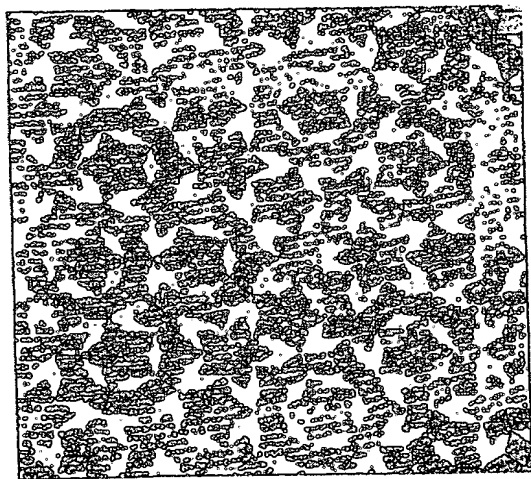


FIG. 3D

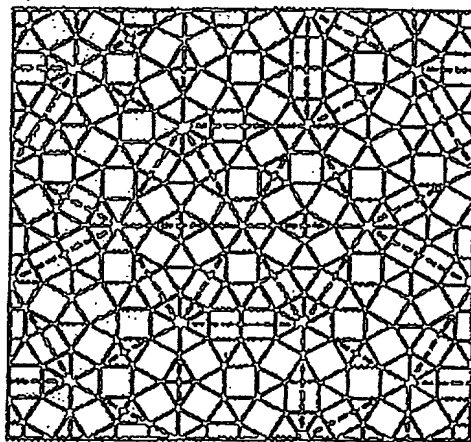


FIG. 3E

1/2

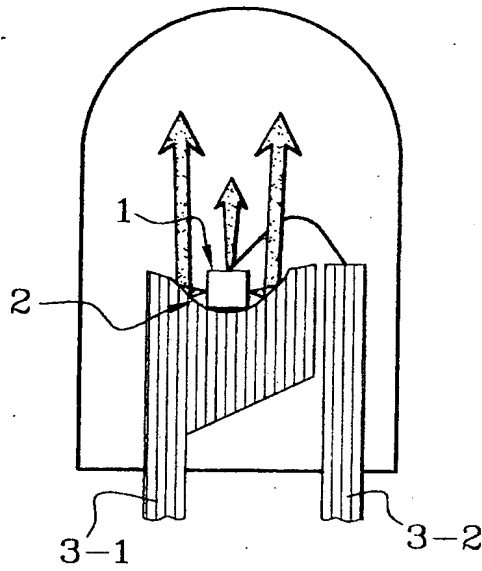


Fig. 1

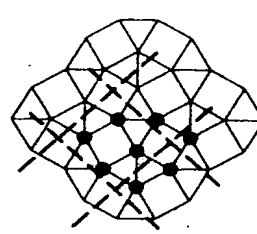


Fig. 3A

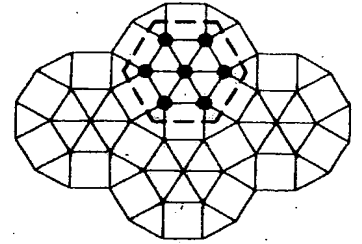


Fig. 3B

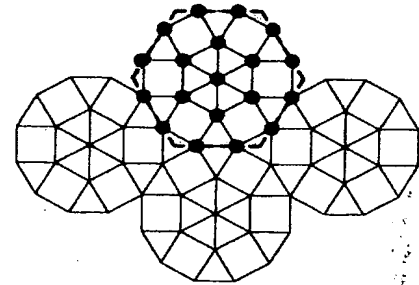


Fig. 3C

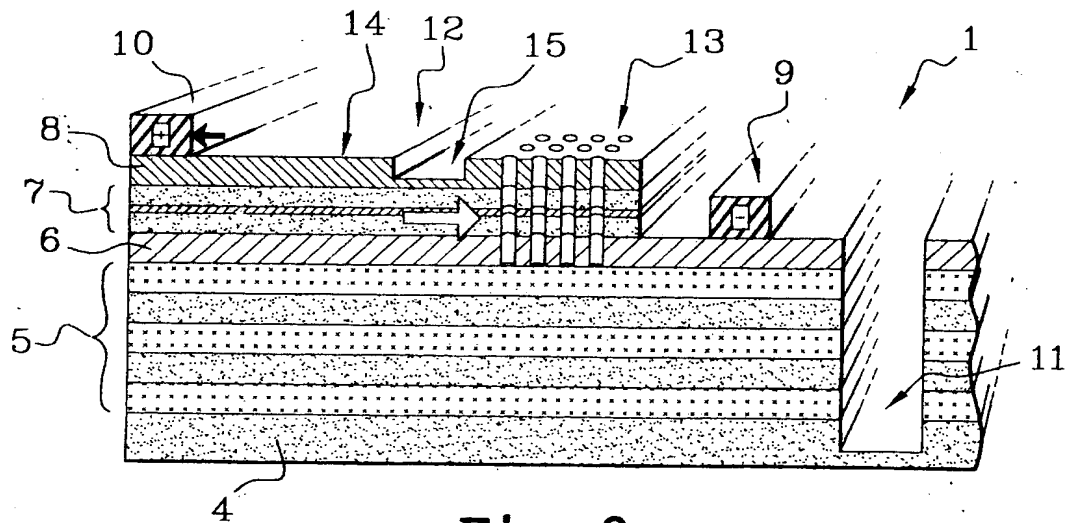


Fig. 2

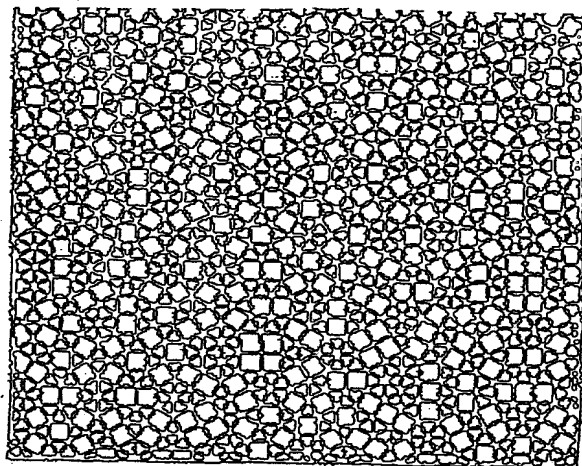


FIG. 3 F

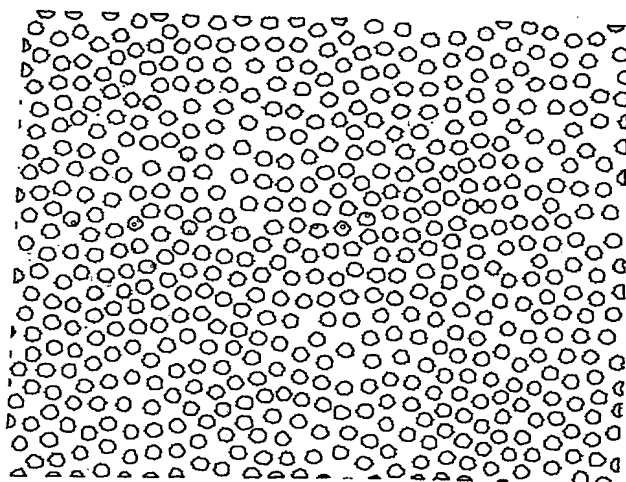


FIG. 3 G

2/2

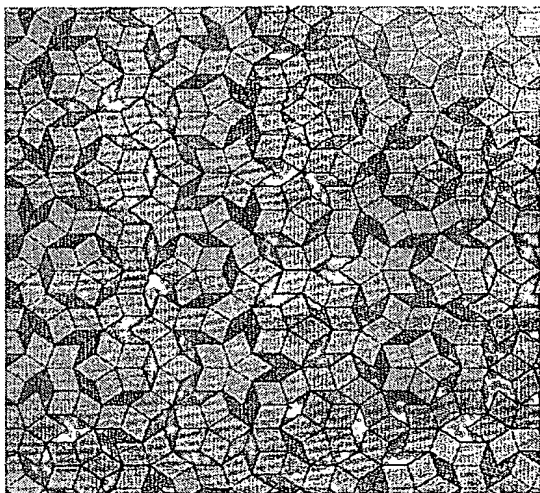


FIG. 3D

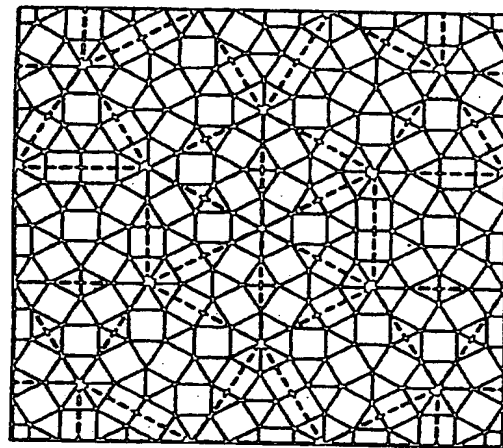


FIG. 3E

FIG. 3F

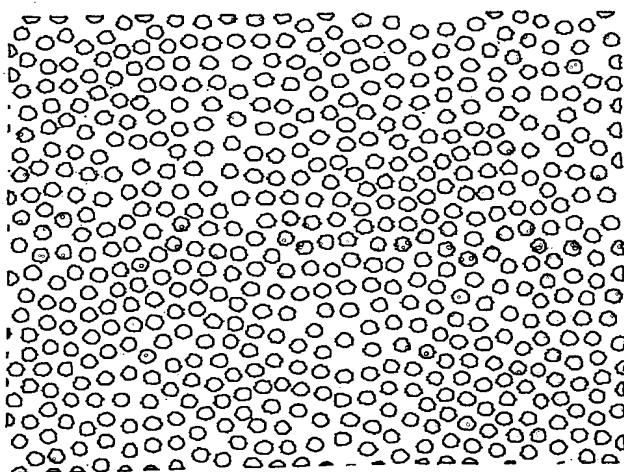
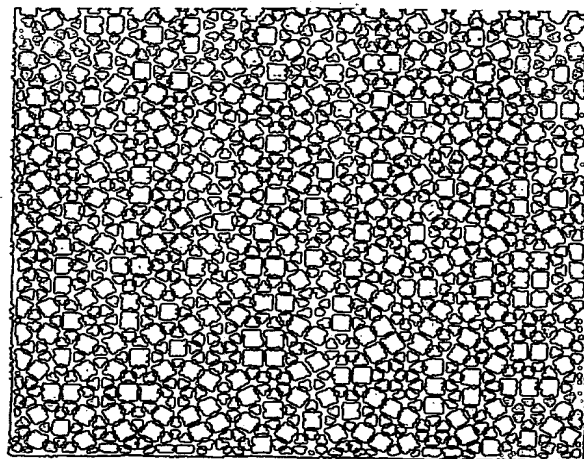


FIG. 3G

**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11 235*02

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		B4834-LBi	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0405652	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) DISPOSITIF ELECTROLUMINESCENT A EXTRACTEUR DE LUMIERE.			
LE(S) DEMANDEUR(S) : CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ECOLE POLYTECHNIQUE Représentés par : ERNEST GUTMANN-YVES PLASSERAUD S.A. 3 rue Chauveau-Lagarde 75008 PARIS			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		RATTIER	
Prénoms		Maxime	
Adresse	Rue	35 rue des Artistes	
	Code postal et ville	75014	PARIS
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		BENISTY	
Prénoms		Henri	
Adresse	Rue	69 rue Dunois	
	Code postal et ville	75013	PARIS
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		WEISBUCH	
Prénoms		Claude	
Adresse	Rue	13 Square de Port-Royal	
	Code postal et ville	75013	PARIS
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Paris, le 26 avril 2001 LAZARD Florence CPI n° 92.4029			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.